知觉负载对注视知觉适应后效的影响*

赵亚军[1] 张智君[2] 刘志方[3] 刘 炜[4] 严璘璘[5] 唐 溢[6]

([1])西南民族大学社会学与心理学学院，成都 610041;([2])浙江大学心理与行为科学系，杭州 310028;([3])杭州师范大学心理学系，杭州 310036 ;([4])云南民族大学教育学院，昆明 650504 ;([5])浙江理工大学心理学系，杭州 310018 ;([6])重庆市委党校，重庆 400041

摘 要 结合知觉负载任务和注视适应范式，考察了知觉负载(高、低知觉负载)对不同注视线索(偏离注视与直视)适应后效的影响。结果发现：(1)偏离注视在低负载条件存在显著的适应后效，而在高负载条件仅存在微弱的适应后效，并且前者显著大于后者；(2)直视在低负载和高负载条件都出现了显著的适应后效，并且二者不存在显著差异；(3)注意资源对偏离注视知觉的调节作用大于对直视知觉的作用。这说明，偏离注视知觉受到注意资源紧张程度的调节，而直视知觉不受注意资源的调节，注意资源对直视与偏离注视的调节作用存在差异，推测二者可能存在不同的加工机制。

关键词 直视；偏离注视；注视知觉；注视知觉适应后效；知觉负载

分类号 B842

1 引言

眼睛注视线索(eyes gaze cue)是指他人的目光注视方向，用于传递注意兴趣和行为意图等信息(Frischen, Bayliss, & Tipper, 2007)。在社会交往中，当两人面对面交流时，他人的注视线索可分为直视(direct gaze)和偏离注视(averted gaze)两种，前者为相互注视，后者指两人中一人注视着另外一人，而另外那人却注视着其他人或物，即转向左边或右边。对他人眼睛注视方向的知觉称为“注视知觉” (gaze perception) (Teufel, Fletcher, & Davis, 2010)。Teufel 等研究者认为，注视知觉包括两个加工阶段：第一，识别眼睛虹膜与巩膜之间的明度对比和几何形状等特征信息(Frischen et al., 2007)；第二，整合以上特征信息，并抽取和编码注视方向(Materna, Dicke, & Thier, 2008; Shepherd, 2010; Teufel et al., 2010)。其中，第二个阶段反映了从低级特征信息中抽取出注视方向的过程。

收稿日期：2015-10-19

*国家自然科学基金项目(31371039, 31500879)；教育部人文社会科学研究项目(15YJC190022)；西南民族大学中央高校基本科研业务费专项资金项目资助(2018SQN04)。

通信作者：张智君, E-mail: zjzhang@zju.edu.cn

对注视方向抽取过程的探讨来自于注视知觉适应的研究。Jenkins, Beaver 和 Calder (2006)发现，在对某一特定方向的偏离注视适应一段时间后，被试倾向于将与适应方向相同的注视线索方向判断为直视(Jenkins et al., 2006)。这种对注视方向进行适应所导致的知觉扭曲称为“注视知觉适应后效” (gaze perceptual adaptation aftereffect)，它表明人脑中存在对不同注视方向(向左或向右)进行选择性编码的两类神经元群。Calder, Jenkins, Cassel 和 Clifford (2008)采用注视适应范式揭示了注视线索的编码方式(Calder et al., 2008)。他们发现，对直视的适应也会导致被试注视知觉的扭曲，表现为倾向于将直视知觉为偏离注视(向左或向右)，而偏离注视则更不易知觉为直视。这说明，人脑中也存在专门对直视进行编码的神经元群。据此，Calder 等(2008)提出注视方向编码的“多通道编码模型” (multichannel system)，认为人脑中存在三类神经元群分别对不同的注视方向(向左、直视或向右)进行编码。

如前所述，Teufel等(2010)将注视知觉分为早期的视觉特征分析和晚期的特征整合两个阶段，注视线索经过这两个加工阶段而形成注视方向的表征，如“向左看的注视线索” (left gaze) (Bayliss, Bartlett, Naughtin, & Kritikos, 2011; Shepherd, 2010; Teufel et al., 2010)。然而，这种观点忽略了直视与偏离注视的区别。虽然直视与偏离注视的加工都建立在早期视觉特征分析之上，并且最后都形成了相似的知觉表征(向左、直视或向右)，但直视与偏离注视形成方向表征的加工机制存在不同。

研究表明，直视较偏离注视存在加工优势(Senju & Johnson, 2009)。在行为层面，直视更容易捕获注意，能被更快速地检测到(胡中华，刘强，赵光，李红，2013; 胡中华，赵光，刘强，李红，2012; Von Grünau & Anston, 1995)，直视知觉不需要集中注意的参与(Yokoyama, Sakai, Noguchi, & Kita, 2014)，直视比偏离注视更容易在无意识条件下得到知觉(Chen & Yeh, 2012; Rothkirch, Madipakkam, Rehn, & Sterzer, 2015; Stein, Senju, Peelen, & Sterzer, 2011; Yokoyama, Noguchi, & Kita, 2013)。在神经层面，直视的加工依赖于皮层下杏仁核等神经组织，杏仁核的损伤会导致患者在人际会话中避免目光接触(Burra et al., 2013; Spezio, Huang, Castelli, & Adolphs, 2007)。这些证据支持了Senju和Johnson (2009)的“快通道调制器模型” (fast-track modulator model)。该模型认为，大脑中存在一个皮层下的快速通道加工直视线索，直视知觉具有自动化加工的特点：加工快速、能捕获注意、存在无意识知觉、对认知资源依赖程度较低等(Burra et al., 2013)。因此，可以进一步推测，直视对注意资源的需求较低(Yokoyama et al., 2014)。

关于注意影响注视知觉的研究表明，偏离注视的知觉需要集中注意(focused attention)的参与(Burton, Bindemann, Langton, Schweinberger, & Jenkins, 2009; Ricciardelli & Turatto, 2011;

Yokoyama et al., 2014)。Burton 等(2009)采用目标−分心物干扰范式发现，当被试的注意焦点集中在视野中央的目标刺激上时，外周视野的分心物刺激(偏离注视线索)不会干扰目标刺激的加工，说明作为分心物的注视方向没有得到知觉。可见，偏离注视方向的知觉需要集中注意的参与。然而，直视知觉不需要集中注意的参与(Yokoyama et al., 2014)。Yokoyama 等(2014)采用双任务范式，让处于视野中心的字母辨别任务(主任务)占据被试的注意焦点，考察处于外周视野的注视方向辨别任务(次任务)是否受到集中注意的影响。结果发现，在非集中注意状态下，被试能够区分出直视和偏离注视，却不能辨别不同方向的偏离注视(向左或向右)。Yokoyama 等认为，直视知觉不需要集中注意的参与，而偏离注视知觉需要集中注意。但在该研究中，位于视野中央的字母辨别任务不仅让注视线索远离空间注意的中心，也会消耗被试的注意资源，因而不清楚是集中注意(空间注意)还是注意资源影响了注视方向的辨别。

可见，以往关于“注意影响注视知觉”的研究还存在一些不足。比如，这些研究探讨的是空间注意(通过操纵被试的注意中心)对注视知觉的影响，它们尚未系统地探讨注意资源对直视与偏离注视知觉编码的影响。注意资源(attentional resources)与空间注意(spatial attention)的概念不一样(Ricciardelli & Turatto, 2011)。为此，本研究打算从“注意资源影响注视知觉”的角度去揭示不同注视线索的知觉编码机制。

根据前文分析，直视与偏离注视对注意资源的需求可能不同。那么，探讨注意资源对注视适应效应的调节情况，将能揭示出直视和偏离注视的知觉编码机制及其差异。对注意资源与知觉关系的研究通常依据知觉负载理论(the perceptual load theory) (Lavie, 2005; Murphy, Groeger, & Greene, 2016)。该理论认为，认知加工的注意资源是有限的，当前任务的知觉负载高低决定了选择性注意过程中的资源分配。如果当前任务的知觉负载较低，则多余的注意资源会自动溢出，去加工干扰刺激，从而产生干扰效应；如果当前任务的知觉负载较高，有限的注意资源被消耗尽，那么与任务无关的干扰刺激无法得到知觉加工，从而不会产生干扰效应。若结合知觉负载任务与注视知觉适应范式，将能考察不同注视线索对注意资源的需求程度，从而区分直视与偏离注视的知觉编码机制。可以预测，偏离注视需要较多的注意资源，将受到知觉负载的调节，而直视对注意资源的需求较低，将不受知觉负载的调节。

本研究结合知觉负载任务和注视适应范式，考察注意资源对不同注视线索(直视与偏离注视)适应后效的影响。研究包含两个实验：实验 1 考察不同知觉负载条件下偏离注视的知觉适应效应；实验 2 考察不同知觉负载条件下直视的知觉适应效应。结合两个实验的结果，考察知觉负载对直视和偏离注视适应后效的影响是否存在差异。

需说明的是，本研究对注视适应范式做了一些修改。研究者们在探讨注视适应效应中

均采用长时程–适应范式，适应刺激呈现的时间较长(几秒至数十秒) (Jenkins et al., 2006)。本研究旨在探讨知觉负载任务占用大量注意资源时被试能否抽取出注视方向，如果适应刺激和知觉负载刺激呈现时间过长，被试有充足的时间和资源加工适应刺激，就达不到操纵注意资源的目的。因此，本研究采用短时程–适应范式(Fang, Murray, & He, 2007; Neumann & Schweinberger, 2008)，适应刺激的呈现时间仅为 200 ms，使得被试在完成知觉负载任务时很难将注意分配到适应刺激上去。

2 实验 1：知觉负载对偏离注视知觉适应后效的影响

考察不同知觉负载条件下偏离注视(向左或向右)的知觉适应效应，揭示注意资源对偏离注视线索的方向抽取过程的调节作用。

2.1 方法

2.1.1 被试

16 名(男、女各 8 人)浙江大学大学生参加实验。所有被试视力或矫正视力正常，均为右利手，平均年龄约为 23 岁(19~26 岁)。实验结束后被试可获得一定的报酬。

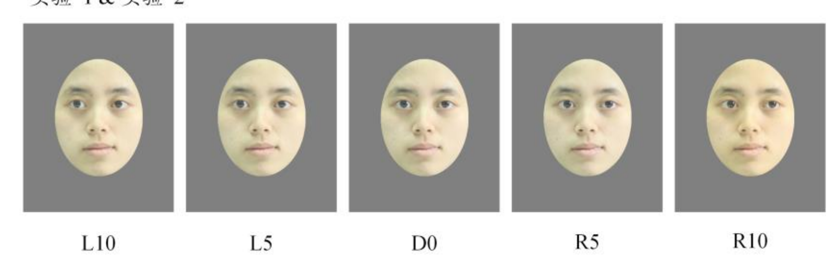
2.1.2 实验装置和材料

在暗室环境下，采用 17 英寸纯平 CRT 显示器呈现刺激，屏幕背景为灰色(RGB: 128, 128, 128)，分辨率为 1024×768，刷新率为 85 Hz。被试眼睛距离屏幕中心约 57 cm。实验程序的编写和数据采集均采用 E-Prime 1.1。

注视刺激是由 10 名大学生(男、女各 5 人)作为模特拍摄而成的彩色人脸照片。拍摄时要求模特将头部朝向正前方静止不动，同时转动眼睛注视特定的参考点(Jenkins et al., 2006)。其中，探测刺激(probe)包括 5 种不同注视方向的人脸照片：左 10° (L10)、左 5° (L5)、直视前方 0° (D0)、右 5° (R5)和右 10° (R10)，共 50 张；适应刺激(adaptor)包括 3 种不同的注视方向：左 25° (L25)、右 25° (R25)和直视前方 0° (D0)，共 30 张。用一个椭圆截取每张人脸图片，去除头发、耳朵及脖子等无关信息。采用 Photoshop7.0 将探测刺激的视角大小处理成 6.0°×8.2°，将适应刺激处理成 7.4°×10.0° (约为探测刺激的 1.5 倍)，示例见图 1。

a. 探测刺激 (Probe)

实验 1 & 实验 2



b. 适应刺激 (Adaptor)

实验 1　　实验 2

L25　R25　D0

图 1　不同注视方向的探测刺激和适应刺激

知觉负载任务中的刺激选用 Jenkins 等实验中的字母串(Jenkins, Lavie, & Driver, 2005), 目标字母为 X 或 N, 非目标字母为 H、K、M、W 和 Z, 这些字母排列成一行(见图 2)。

2.1.3　实验设计和程序

采用组内设计, 自变量为负载水平(低负载, 高负载)、适应条件(适应前基线, 适应 L25, 适应 R25)和探测刺激(L10, L5, D0, R5, R10)。实验结合知觉负载任务与注视适应范式, 包括三个部分：(1)适应前的注视辨别测试, 简称适应前基线; (2)低知觉负载水平下的适应及适应后的注视辨别测试, 简称低负载适应; (3)高知觉负载水平下的适应及适应后的注视辨别测试, 简称高负载适应(见图 2)。

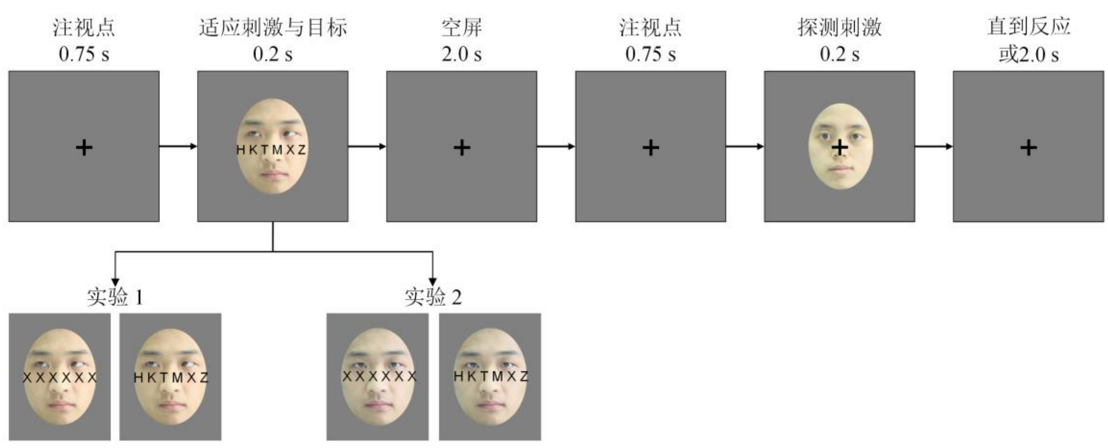


图 2　单次试验流程图

在适应前基线部分(图 2a), 50 张探测人脸刺激随机呈现, 每张重复 3 次, 共 150 次。单次试验流程为：(1)在屏幕中央呈现 0.75 s 的注视点; (2)呈现探测刺激 0.2 s, 要求被试做出反应; (3)呈现空屏, 持续时间最长为 1.5 s, 若被试在 1.5 s 内作出反应, 便立即进入下一次 trial, 若被试在 1.5 s 没有反应, 也进入下一次 trial。两次试验的间隔时间为 0.75 s。被试的任务是辨别探测刺激的注视方向, 用右手按键盘上的“H”、“J”、“K”键分别对向左(L10, L5)、直视(D0)、向右(R5, R10)的注视方向进行反应。指导语要求被试在每次试验时注视屏幕中央, 并尽可能准确地做出反应。正式实验分为 3 个 block, 之间各休息 30 s。正式实验前, 被试先进行 30 次的练习 trials, 练习阶段给予反馈。适应前基线的实验约需 15 min。

在低负载适应部分(图 2b), 每次试验都包括两个任务：第一个是知觉负载任务, 第二个是注视方向辨别任务。实验流程为：(1)在屏幕中央呈现注视点 0.75 s; (2)屏幕中央呈现一张适应人脸刺激和目标字母串 0.2 s (字母串重叠在适应人脸上面, 字母串不会掩盖住人脸的眼睛); (3)呈现空屏 2.0 s, 此时被试执行第一个任务, 即判断字母串是 X 还是 N (此时, 字母串的 6 个字母相同), 分别按“H”或“SPACE”键进行反应, X 或 N 各占 50%可能性, 要求被试尽可能准确地反应, 不做反应时要求(2.0 s 内反应即可), 并告知人脸与任务无关; (4)按键后,

进入第二个任务，该任务的实验流程与适应前基线基本相同，稍作改变的是：探测刺激消失后，呈现空屏 2.0 s 以便被试尽可能准确地做反应。适应刺激与探测刺激在人脸身份和图片尺寸上均不相同，用以排除人脸身份信息或低级水平特征的适应。低负载适应部分包括 L25 和 R25 两种适应刺激情境，约需 30 min。

高负载适应部分(图 2b)与低负载适应部分流程基本相同，不同的是第一个任务改为高负载任务，被试需在 6 个不同字母串(1 个目标：X 或 N; 5 个非目标：H, K, M,W, Z)中搜索目标字母, X 或 N 各占 50%可能性。高负载适应部分的实验约需 30 min。

所有被试先完成适应前基线，以确定对注视方向辨别的基线水平。然后，半数被试先做低负载适应再做高负载适应，另一半被试的顺序则相反。同时，一部分被试先做向左适应刺激(L25)的实验并完成适应后测试，再做向右适应刺激(R25)的实验，另一部分被试的顺序相反。在每种条件的正式实验之前，被试先进行练习，并给予反应时和正确率的反馈。

2.2 结果

2.2.1 知觉负载任务的正确率与反应时

对知觉负载任务中的目标字母搜索正确率进行分析。被试在低负载下的正确率(98.4%)显著高于高负载下的正确率(87.7%), $t(15) = 6.34$, $p < 0.001$；低负载下的反应速度(664.30 ms)显著快于高负载下的反应速度(948.34 ms), $t(15) = 7.53$, $p < 0.001$。这说明，本实验对被试知觉负载水平的操作是成功的。下面仅对正确完成负载任务后的注视方向辨别数据进行分析。

2.2.2 不同负载条件下的注视适应后效

参照 Calder 等(2008)的方法对注视方向辨别情况进行分析。包括负载水平(低负载，高负载)、适应条件(适应前，适应 L25，适应 R25)和探测刺激(L10, L5, D0, R5, R10)三个因素。在数据分析前，将未做反应的实验数据剔除(平均每个人约占 1.47%)。表 1 为不同实验条件下被试将注视方向判断为“向左”、“直视”或“向右”的平均比例。其中，若被试对 L10 和 L5 做“向左”、对 D0 做“直视”以及对 R5 和 R10 做“向右”的判断，则为“正确”，其余的判断则为“错误”反应。

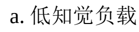
表 1　实验 1 不同知觉负载和适应条件下做“向左”、“直视”与“向右”反应的平均比例

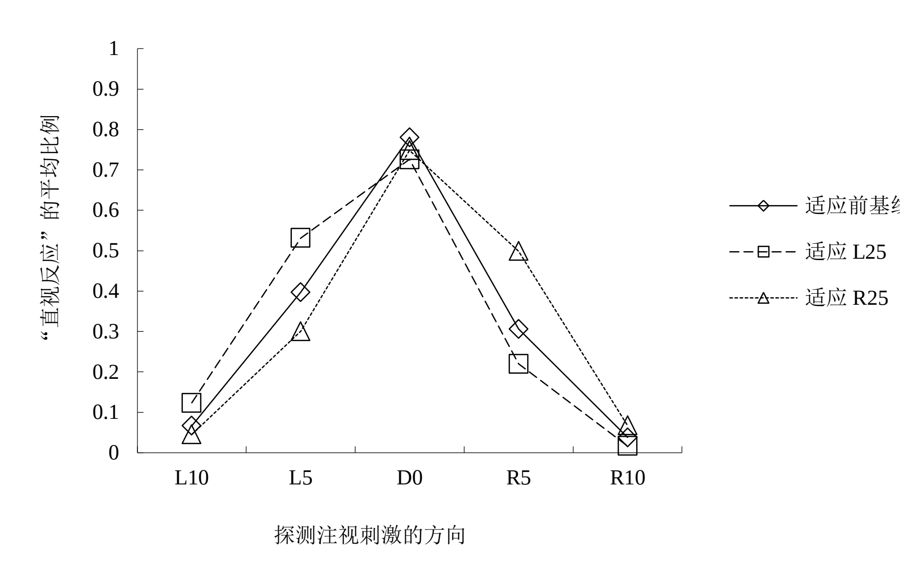
实验条件与反应	注视方向				
	L10	L5	D0	R5	R10
适应前基线					
向左	0.93 (0.08)	0.58 (0.18)	0.10 (0.08)	0.01 (0.02)	0.01 (0.02)
直视	0.06 (0.07)	0.40 (0.18)	0.78 (0.14)	0.31 (0.17)	0.04 (0.04)
向右	0.01 (0.01)	0.02 (0.04)	0.12 (0.11)	0.68 (0.17)	0.95 (0.05)
低负载–适应 L25					
向左	0.85 (0.12)	0.42 (0.18)	0.08 (0.09)	0.03 (0.04)	0.00 (0.00)
直视	0.12 (0.10)	0.53 (0.18)	0.73 (0.19)	0.22 (0.13)	0.02 (0.03)
向右	0.03 (0.05)	0.05 (0.07)	0.19 (0.16)	0.75 (0.13)	0.98 (0.03)
低负载–适应 R25					
向左	0.95 (0.09)	0.68 (0.20)	0.18 (0.11)	0.08 (0.08)	0.02 (0.03)
直视	0.04 (0.08)	0.30 (0.20)	0.75 (0.18)	0.50 (0.20)	0.07 (0.06)
向右	0.01 (0.02)	0.02 (0.04)	0.07 (0.12)	0.42 (0.18)	0.91 (0.07)
高负载–适应 L25					
向左	0.91 (0.16)	0.51 (0.17)	0.08 (0.06)	0.02 (0.03)	0.00 (0.01)
直视	0.07 (0.13)	0.44 (0.17)	0.73 (0.18)	0.21 (0.12)	0.02 (0.02)
向右	0.02 (0.06)	0.05 (0.10)	0.19 (0.17)	0.77 (0.11)	0.98 (0.02)
高负载–适应 R25					
向左	0.94 (0.08)	0.64 (0.23)	0.15 (0.16)	0.06 (0.06)	0.01 (0.02)
直视	0.05 (0.07)	0.32 (0.22)	0.73 (0.25)	0.36 (0.22)	0.05 (0.77)
向右	0.01 (0.02)	0.04 (0.08)	0.12 (0.14)	0.58 (0.20)	0.94 (0.76)

注：括号内的数据为标准差，下同。

对基线条件下注视方向的辨别正确率进行分析。在基线水平下，被试对注视方向有较为准确的辨别能力：对直视 0°的辨别平均正确率为 78%，对眼睛向左或向右 10°的平均正确率为 94%，对眼睛向左或向右 5°的平均正确率为 63%。单因素重复测量方差分析发现，探测刺激主效应显著，$F(2, 30) = 33.10$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.688$。事后检验发现，被试对 5°注视方向的辨别不及 0°和 10°准确、对 0°的辨别不及 10°准确($ps < 0.05$)。

被试对每种刺激可能存在 3 种反应(向左、直视或向右)。为使分析更简洁，只采用“直视反应”作为指标对适应前基线与适应后的反应进行比较。图 3 中呈现了不同实验条件下被试做出“直视反应”的比例，即将探测刺激的注视方向判断为直视的情况。





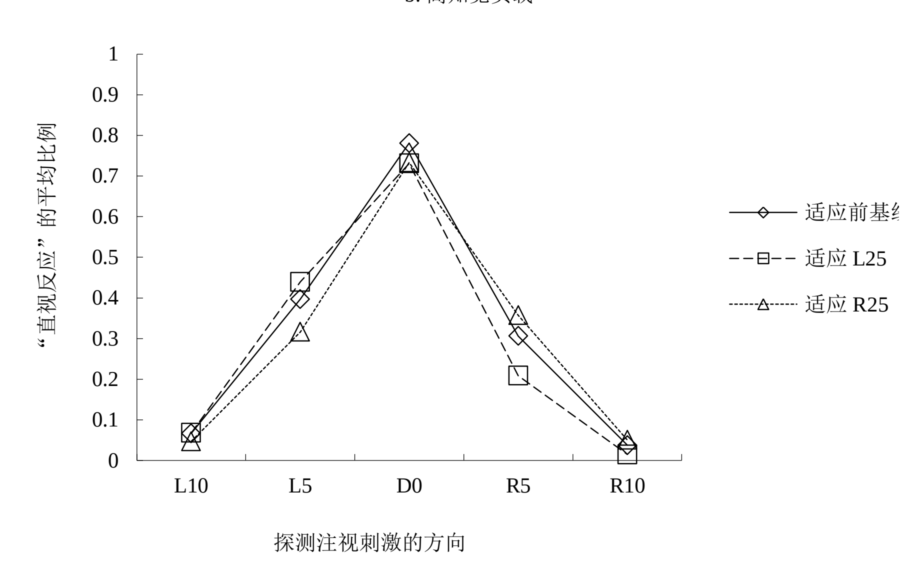


图 3　实验 1 不同知觉负载任务中对探测注视方向做“直视反应”的平均比例

由于本实验主要探讨不同知觉负载任务中的注视适应效应有何差异，因此下文对低负载和高负载任务中的注视适应效应加以比较。

(1)低负载条件下的注视适应后效

分析图 3a 可以发现，被试在适应后更容易将与适应刺激方向相同的探测刺激判断为直视，而在未适应刺激方向的探测刺激以及直视 D0 则较不容易判断为直视。采用 3(适应条件：适应前，适应 L25，适应 R25)×5(探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10)的重复测量方差分析显示：

适应条件的主效应不显著, $F(2, 30) = 0.23$, $p = 0.790$, $\eta_p^2 = 0.015$; 探测刺激的主效应显著, $F(4, 60) = 141.79$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.904$; 两者的交互作用显著, $F(8, 120) = 19.66$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.567$, 即不同适应条件下对不同探测刺激的反应存在差异。

为进一步揭示交互作用, 采用配对 *t* 检验对适应后(L25 和 R25)的情况与适应前基线水平进行比较。

与适应前基线相比, 适应 L25 后, 在适应的方向上, 被试更容易将注视向左的探测刺激判断为直视, 两者在探测刺激 L10 ($t(15) = 3.21$, $p = 0.006$)和 L5 ($t(15) = 2.44$, $p = 0.028$)上的差异均显著。对 D0 的正确率没有发生变化, $t(15) = 1.48$, $p = 0.160$。在未适应的方向上, 被试对向右的探测刺激更不容易判断为直视, 在探测刺激 R5 上的差异边缘显著, $t(15) = 1.99$, $p = 0.065$; 在 R10 上的差异显著, $t(15) = 2.43$, $p = 0.028$。

与适应前基线相比, 适应 R25 后, 在适应的方向上, 被试更容易将注视方向向右的探测刺激判断为直视, 两者在探测刺激 R10 ($t(15) = 2.44$, $p = 0.028$)和 R5 上($t(15) = 3.85$, $p = 0.002$)上的差异均显著。对 D0 的正确率没有发生变化, $t(15) = 1.22$, $p = 0.241$。在未适应的方向上, 被试对向左的探测刺激更不容易判断为直视, 在探测刺激 L5 上的差异显著, $t(15) = 2.22$, $p = 0.042$, 但在 L10 上不显著, $t(15) = 1.53$, $p = 0.147$。

(2)高负载条件下的注视适应后效

分析图 3b 可以发现, 被试在适应前后对探测刺激的判断变化较小。采用 3(适应条件: 适应前, 适应 L25, 适应 R25)×5(探测刺激: L10, L5, D0, R5, R10)的重复测量方差分析。结果显示: 适应条件的主效应不显著, $F(2, 30) = 0.64$, $p = 0.476$; 探测刺激的主效应显著, $F(4, 60) = 145.83$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.907$; 两者的交互作用显著, $F(8, 120) = 4.41$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.227$。

同样, 采用配对 *t* 检验对适应后(适应 L25 与 R25)的情况与适应前基线进行比较。

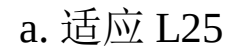
与适应前基线相比, 适应 L25 后, 在适应的方向(L10, L5)和 D0 上, 被试的正确率没有发生变化($ps > 0.10$)。而在未适应的方向上, 被试对向右的探测刺激的反应更不容易判断为直视(在 R5 上, $t(15) = 2.17$, $p = 0.047$; 在 R10 上, $t(15) = 2.16$, $p = 0.047$)。

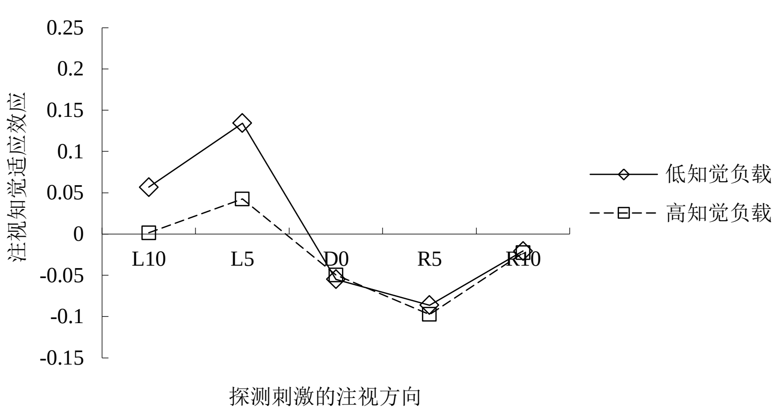
与适应前基线相比, 适应 R25 后, 在 L10、L5、D0、R5 和 R10 上, 被试的反应判断均没有发生变化($ps > 0.10$)。

2.2.3 低负载和高负载条件下注视适应后效的比较

为了比较低负载与高负载条件下的注视适应效应大小, 将适应后的“直视反应”比例减去适应前的比例得到适应效应量(Kloth & Rhodes, 2016; Kloth, Rhodes, & Schweinberger,

2015)，结果见图 4。





b. 适应 R25

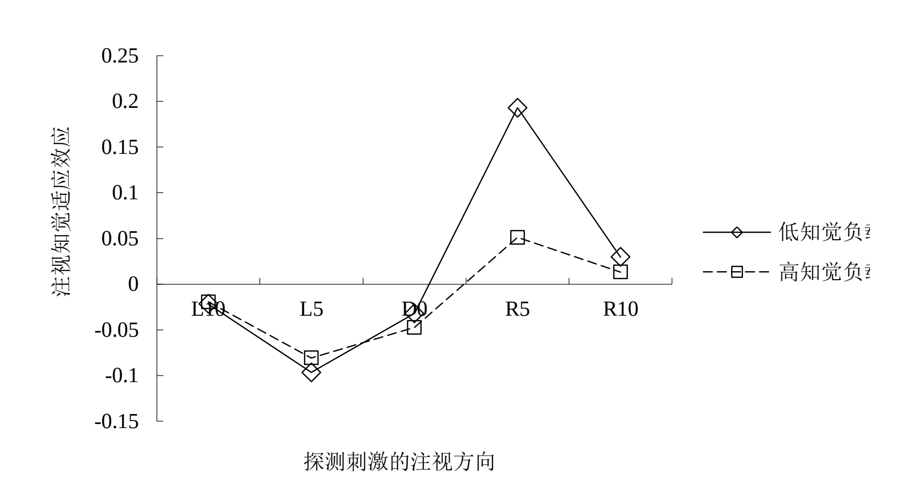


图 4　实验 1 不同知觉负载条件下的注视适应效应量

对适应效应量进行 2(负载水平：低负载，高负载)×2(适应条件：适应 L25，适应 R25)×5(探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10)的重复测量方差分析。结果显示：负载水平主效应显著，$F(1, 15) = 6.29$, $p = 0.024$, $\eta_p^2 = 0.295$，而适应条件主效应和探测刺激主效应均不显著($ps > 0.50$)；负载水平与适应条件的交互作用不显著($p = 0.997$)，负载水平与探测刺激交互作用显著($F(4, 60) = 3.48$, $p = 0.013$, $\eta_p^2 = 0.188$)，适应条件与探测刺激交互作用显著($F(4, 60) = 36.31$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.708$)，负载水平、适应条件与探测刺激三者交互作用显著($F(4, 60) = 4.96$, $p = 0.008$, $\eta_p^2 = 0.248$)。三阶交互作用显著说明被试在不同知觉负载任务中的注视适应效应模式存在差异。下面从适应 L25 和 R25 两方面解析三阶交互作用。

首先，分析被试在不同负载水平下适应 L25 后的注视适应效应的差异(图 4a)。采用 2(负载水平：低负载，高负载)×5(探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10)重复测量方差分析。结果显示：负载水平主效应显著，$F(1, 15) = 11.17$, $p = 0.004$, $\eta_p^2 = 0.427$；探测刺激主效应显著，$F(4, 60) = 6.17$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.291$；两者的交互作用显著，$F(4, 60) = 2.86$, $p = 0.031$, $\eta_p^2 = 0.160$。采用配对 t 检验，对不同探测刺激在低负载与高负载任务中的适应效应进行比较发现：在探测刺激 L10 上，低负载的适应量显著大于高负载的适应量，$t(15) = 3.13$, $p = 0.007$；在 L5 上，低负载的适应量也显著大于高负载的适应量，$t(15) = 2.58$, $p = 0.021$；而在 D0、R5 和 R10 上差异均不显著($ps > 0.50$)。

然后，分析被试在不同负载水平下适应 R25 后的注视适应效应的差异(图 4b)。采用 2(负载水平：低负载，高负载)×5(探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10)重复测量方差分析。结果显示：负载水平主效应不显著，$F(1, 15) = 2.33$, $p = 0.148$；探测刺激主效应显著，$F(4, 60) = 6.25$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.294$；两者的交互作用显著，$F(4, 60) = 5.76$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.278$。采用配对 t 检验，对不同探测刺激在低负载与高负载任务中的适应效应进行比较发现：在探测刺激 R5 上，低负载的适应量显著大于高负载的适应量，$t(15) = 3.45$, $p = 0.004$；在 L10、L5、D0 和 R10 上差异均不显著($ps > 0.40$)。

2.3 讨论

实验1发现，在不同知觉负载条件下，注视适应效应表现出差异：低负载条件下的适应效应显著大于高负载条件下的效应，即偏离注视适应后效受到知觉负载的调节。具体地，低负载条件下存在显著的注视适应效应，在适应某个方向的注视刺激后，被试倾向于将与适应方向相同的探测刺激知觉为直视，即对适应刺激的知觉适应影响了随后对探测刺激的辨别，注视方向得到了抽取。但是，高负载条件下仅存在微弱的注视适应效应，这说明当知觉负载较高时，有限的注意资源被消耗尽，与任务无关的适应刺激的注视方向很难得到知觉。因此，偏离注视的方向抽取是需要注意资源参与的，这一过程依据注意资源占用情况而定。

3 实验 2：知觉负载对直视注视知觉适应后效的影响

考察不同知觉负载条件下直视的知觉适应效应，以探讨直视注视方向的抽取对注意资源的需求程度。由于直视适应与偏离注视适应的效应存在相互影响，因此实验 1 与实验 2 不便于采用组内设计(Stein, Peelen, & Sterzer, 2012)。其中，实验 1 探讨知觉负载对偏离注视知觉适应后效的影响，实验 2 探讨知觉负载对直视注视适应后效的影响，结合二者的结果，考

察知觉负载(注意资源的紧张程度)对直视和偏离注视的影响是否存在差异。

3.1 方法

3.1.1 被试

22 名(男、女各 11 人)浙江大学大学生参加实验。所有被试视力或矫正视力正常，均为右利手，平均年龄约为 21 岁(19~24 岁)。实验结束后被试可获得一定的报酬。

3.1.2 实验装置和材料

实验装置和环境同实验 1，知觉负载任务、探测刺激跟实验 1 完全相同，但适应刺激采用直视 D0，共 10 张人脸(见图 1b)。

3.1.3 实验设计和程序

采用组内设计，自变量为负载水平(低负载，高负载)、适应条件(适应前基线，适应 D0)和探测刺激(L10, L5, D0, R5, R10)。实验程序同实验 1，包括适应前基线、低负载适应、高负载适应三个部分，不同的是将适应刺激改为直视 D0。整个实验约需 40 min。

3.2 结果

3.2.1 知觉负载任务的正确率与反应时

被试在低负载条件下的目标字母辨别正确率(96.91%)显著高于高负载下的正确率(85.45%), $t(21) = 11.17$, $p < 0.001$；低负载下的反应速度(671.98 ms)显著快于高负载下的反应速度(979.26 ms), $t(21) = 13.39$, $p < 0.001$。这说明，本实验对被试知觉负载水平的操作是成功的。仅对正确完成负载任务后的注视方向辨别数据进行分析。

被试在实验 1 与实验 2 的知觉负载任务中，正确率不存在显著差异(低负载任务：$t(36) = 1.89$, $p = 0.067$；高负载任务：$t(36) = 1.22$, $p = 0.232$)，反应时不存在显著差异(低负载任务：$t(36) = 0.20$, $p = 0.841$；高负载任务：$t(36) = 0.69$, $p = 0.492$)。这说明两个实验中知觉负载任务所占用的注意资源基本相同。因而实验 1 与实验 2 结果的差别与注意资源的差异无关。

3.2.2 不同负载条件下的注视适应后效

先将未做反应的实验数据剔除(平均每个人约占 0.88%)。表 2 为不同实验条件下被试将探测刺激判断为“向左”注视、”直视”或”向右”注视的平均比例。

表 2　实验 2 不同知觉负载和适应条件下做“向左”、“直视”与“向右”反应的平均比例

实验条件与反应	注视方向				
	L10	L5	D0	R5	R10
适应前基线					
向左	0.94 (0.11)	0.65 (0.18)	0.14 (0.10)	0.04 (0.06)	0.00 (0.01)
直视	0.06 (0.10)	0.33 (0.16)	0.75 (0.16)	0.39 (0.16)	0.06 (0.06)

向右	0.00 (0.01)	0.02 (0.04)	0.11 (0.12)	0.57 (0.18)	0.94 (0.07)
低负载–适应 D0					
向左	0.98 (0.04)	0.78 (0.14)	0.19 (0.10)	0.05 (0.05)	0.00 (0.01)
直视	0.02 (0.04)	0.21 (0.14)	0.70 (0.18)	0.28 (0.18)	0.05 (0.08)
向右	0.00 (0.01)	0.01 (0.02)	0.11 (0.12)	0.67 (0.20)	0.95 (0.08)
高负载–适应 D0					
向左	0.97 (0.06)	0.78 (0.18)	0.13 (0.06)	0.04 (0.04)	0.00 (0.01)
直视	0.02 (0.04)	0.20 (0.16)	0.73 (0.18)	0.31 (0.23)	0.04 (0.05)
向右	0.01 (0.05)	0.02 (0.05)	0.14 (0.19)	0.65 (0.24)	0.96 (0.06)

对基线条件下注视方向的辨别正确率进行分析。结果发现，被试对 5°注视方向的辨别不及 0°和 10°准确、对 0°的辨别不及 10°准确($ps < 0.05$)。

以“直视反应”为指标，对被试在适应前基线与适应后的反应进行比较。从表 2 可见，被试在适应后更不容易将探测刺激判断为直视。

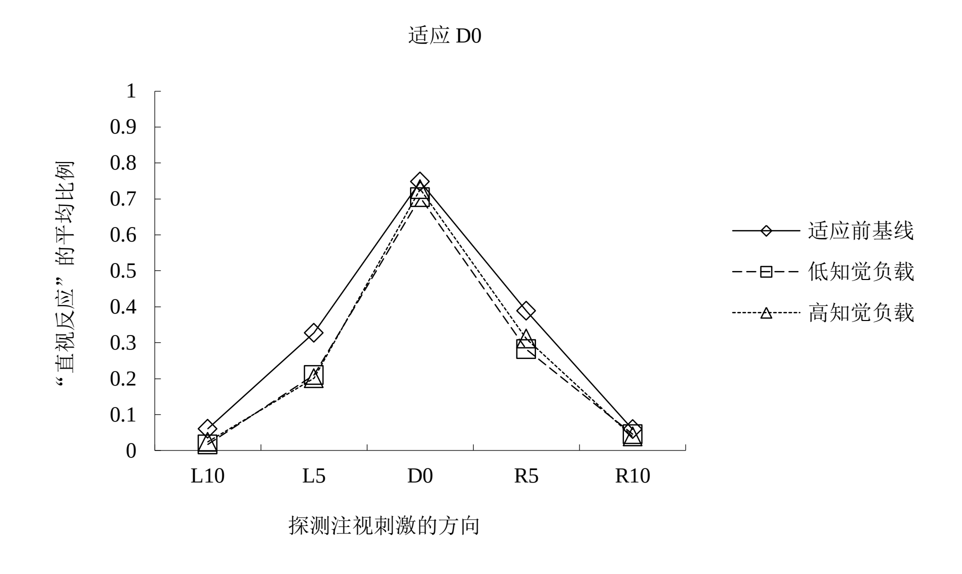


图 5　实验 2 不同知觉负载任务中对探测注视方向做“直视反应”的平均比例

由于本实验主要探讨不同知觉负载任务中的注视适应效应有何差异，因此下面分别对低负载和高负载任务中的注视适应效应加以分析。

(1)低负载条件下的注视适应后效

分析图 5 发现，被试在适应直视后更不容易将探测刺激判断为直视。采用 2(适应条件：适应前基线，适应 D0)×5(探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10)的重复测量方差分析显示：适应条件的主效应显著，$F(1, 21) = 13.91$, $p = 0.001$, $\eta_p^2 = 0.398$；探测刺激的主效应显著，$F(4, 84) = 137.33$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.867$；两者的交互作用显著，$F(4, 84) = 4.68$, $p = 0.006$, $\eta_p^2 = 0.182$,

即不同适应条件下对不同探测刺激的反应存在差异。

为揭示交互作用，采用配对 *t* 检验对适应后反应与适应前基线进行比较。与适应前相比，适应 D0 后被试对 L10 更不容易知觉直视，$t(21) = 2.13$, $p = 0.046$；对 L5 更不容易知觉为直视，$t(21) = 3.74$, $p = 0.001$；对 D0 知觉变化不显著，$t(21) = 1.68$, $p = 0.108$；对 R5 更不容易知觉为直视，$t(21) = 3.70$, $p = 0.001$；而对 R10 知觉无显著变化，$t(21) = 0.78$, $p = 0.443$。

(2)高负载条件下的注视适应后效

分析图 5 发现，被试在适应直视后更不容易将探测刺激判断为直视。采用 2(适应条件：适应前基线，适应 D0)×5(探测刺激：L10，L5，D0，R5，R10)的重复测量方差分析显示：适应条件的主效应显著，$F(1, 21) = 13.31$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.388$；探测刺激的主效应显著，$F(4, 84) = 119.77$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.851$；两者的交互作用显著，$F(4, 84) = 3.22$, $p = 0.017$, $\eta_p^2 = 0.133$，即不同适应条件下对不同探测刺激的反应存在差异。

为揭示交互作用，采用配对 *t* 检验对适应后反应与适应前基线进行比较。与适应前相比，适应 D0 后被试对 L10 较不容易知觉直视，边缘显著，$t(21) = 1.74$, $p = 0.096$；对 L5 更不容易知觉为直视，$t(21) = 3.95$, $p = 0.001$；对 D0 知觉变化不显著，$t(21) = 0.73$, $p = 0.477$；对 R5 更不容易知觉为直视，$t(21) = 2.28$, $p = 0.033$；而对 R10 知觉无显著变化，$t(21) = 1.19$, $p = 0.248$。

3.2.3 低负载和高负载条件下注视适应后效的比较

为比较低负载与高负载条件下的注视适应效应大小，将适应前的“直视反应”比例减去适应后的比例得到适应效应量(见图 6)。

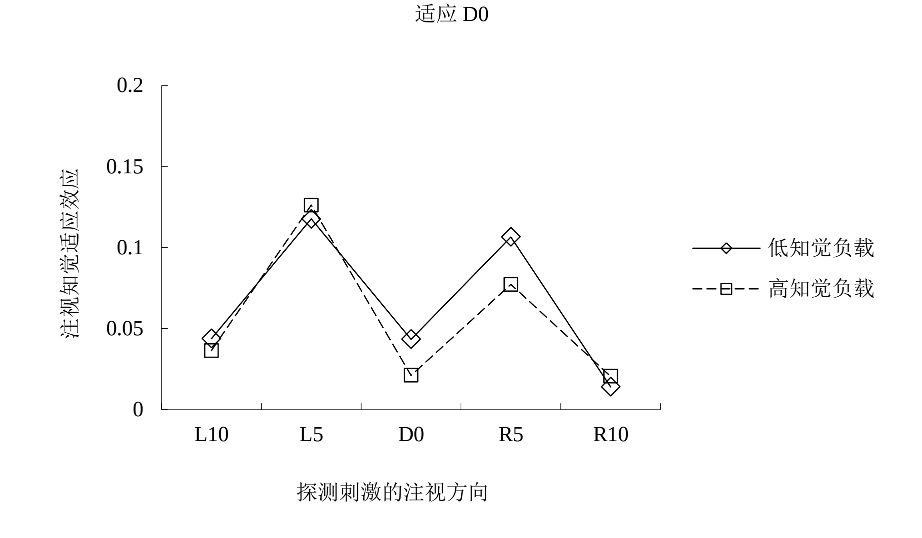
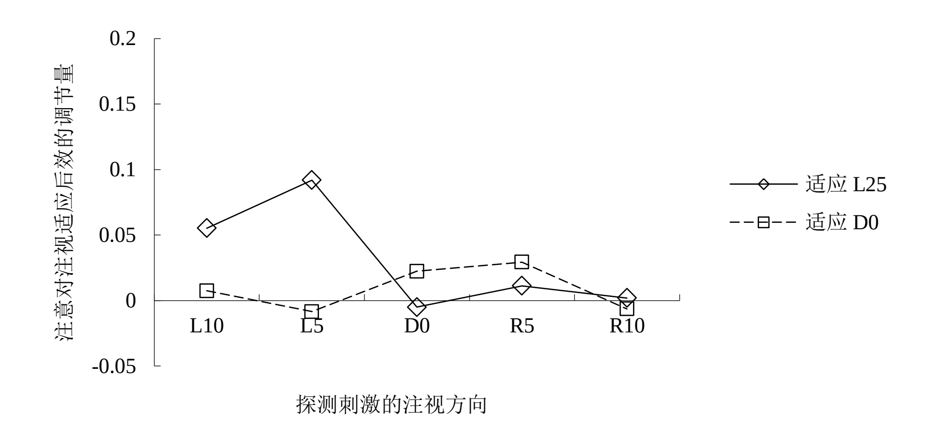


图 6　实验 2 不同知觉负载条件下的注视适应效应量

对适应效应量进行 2(负载水平：低负载，高负载)×5(探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10)的重复测量方差分析。结果显示：负载水平主效应不显著, $F(1, 21) = 0.75$, $p = 0.395$; 探测刺激主效应显著, $F(4, 84) = 4.66$, $p = 0.008$, $\eta_p^2 = 0.182$; 负载水平与探测刺激交互作用不显著, $F(4, 84) = 0.62$, $p = 0.574$。采用配对 t 检验对不同探测刺激在低负载与高负载条件下的适应量进行比较发现：在探测刺激 L10, L5, D0, R5, R10 上均不存在显著差异($ps > 0.20$)。

3.2.4 知觉负载对直视与偏离注视适应后效的调节作用的比较

对实验 1(偏离注视)与实验 2(直视)的结果进行了比较。将低负载条件下的适应后效减去高负载条件下的后效作为知觉负载(注意资源)对适应后效的调节量指标(modulation effects of attentional resources), 也就是将本研究的图 4 与图 6 中低负载和高负载条件下的适应后效相减，把差值作为注意资源对适应后效的调节作用(结果见图 7)。由于偏离注视适应分为 L25 和 R25 两种情况，因此分别比较了 L25 与 D0、R25 与 D0 在知觉负载(注意资源)对适应后效的调节量上是否存在差异。



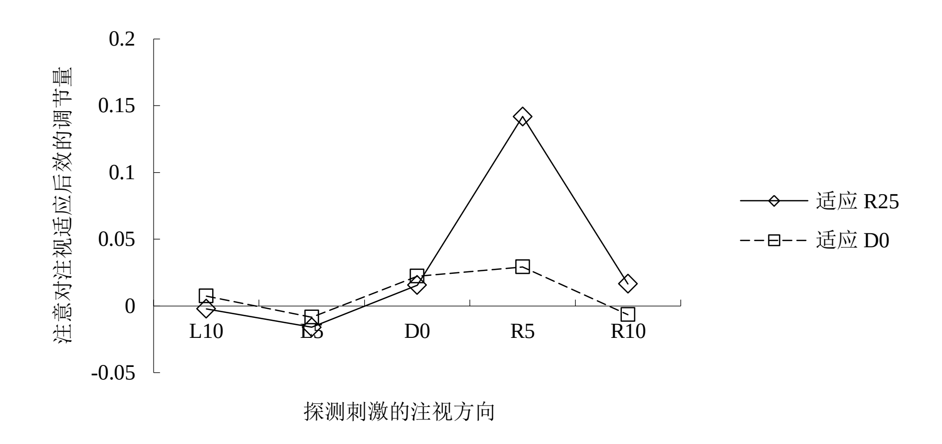


图 7 偏离注视(L25、R25)与直视(D0)在注意资源对适应后效的调节量上的比较

首先，比较适应 L25(实验 1)与 D0(实验 2)在高、低知觉负载条件下的适应后效之差(即知觉负载对适应后效的调节量，简称注意调节量)是否存在差异(图 7a)。采用 2(适应条件：L25, D0)×5(探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10)重复测量方差分析。结果显示：适应条件主效应不显著，$F(1, 36) = 2.42$, $p = 0.129$; 探测刺激主效应不显著，$F(4, 144) = 1.16$, $p = 0.326$; 两者的交互作用显著，$F(4, 144) = 2.60$, $p = 0.039$, $\eta_p^2 = 0.067$。采用独立样本 t 检验，对不同探测刺激在 L25 与 D0 适应条件下的注意调节量进行比较发现：在探测刺激 L10 和 L5 上，L25 适应的注意调节量均显著大于 D0 适应的注意调节量($t(36) = 2.92$, $p = 0.006$; $t(36) = 2.10$, $p = 0.043$)，而在 D0、R5 和 R10 上差异均不显著($ps > 0.40$)。

然后，比较适应 R25(实验 1)与 D0(实验 2)在高、低知觉负载条件下的适应后效之差(注意调节量)是否存在差异(图 7b)。采用 2(适应条件：R25, D0)×5(探测刺激：L10, L5, D0, R5, R10)重复测量方差分析。结果显示：适应条件主效应不显著，$F(1, 36) = 1.13$, $p = 0.295$; 探测刺激主效应显著，$F(4, 144) = 5.18$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.126$; 两者的交互作用边缘显著，$F(4, 144) = 2.41$, $p = 0.052$, $\eta_p^2 = 0.063$。采用独立样本 t 检验，对不同探测刺激在 R25 与 D0 适应条件下的注意调节量进行比较发现：在探测刺激 R5 上，R25 适应的注意调节量显著大于 D0 适应的注意调节量($t(36) = 2.42$, $p = 0.021$)，而在 L10、L5、D0 和 R10 上差异均不显著($ps > 0.30$)。

以上结果表明，知觉负载对 L25 和 R25 适应后效的调节量均大于其对 D0 适应的调节量(表现在探测刺激 L10, L5 和 R5 上)，这说明知觉负载(注意资源)对偏离注视与直视知觉适应的影响不同，知觉负载对偏离注视存在影响(实验 1)，而知觉负载对直视不存在影响(实验 2)，

并且知觉负载对偏离注视知觉的影响作用大于对直视知觉的影响(实验 1 与实验 2 的比较)。

3.3 讨论

实验 2 发现，在低负载和高负载条件下都出现了显著的直视知觉适应后效，即适应直视注视方向后，被试倾向于将直视探测刺激判断为偏离注视，而对偏离注视的判断更为准确。这说明，在不同知觉负载条件下，被试都能抽取出适应刺激 D0 的方向信息。更重要的是，低负载和高负载条件下的直视适应效应不存在显著差异，这说明直视知觉适应不受知觉负载水平(注意资源紧张程度)的影响。实验 1 发现，低负载条件下的偏离注视适应效应显著大于高负载条件下的效应，偏离注视知觉受到注意资源的调节。结合实验 1 和实验 2 的结果可以发现，偏离注视的知觉受到注意资源的调节，直视的知觉不受注意资源的调节，并且注意资源对偏离注视知觉的调节作用大于对直视知觉的作用。由于直视与偏离注视受到注意资源的影响不同，因而它们可能存在不同的加工机制。

4 总讨论

本研究结合知觉负载任务和注视知觉适应范式，探讨了知觉负载水平(注意资源紧张程度)对注视知觉适应的影响。实验 1 发现，低负载条件下存在显著的注视适应效应，高负载条件下仅存在微弱的注视适应效应，低负载条件下的适应效应显著地大于高负载条件下的效应，说明偏离注视方向的抽取受注意资源的调节。而实验 2 发现，在低负载和高负载条件下都出现了显著的直视知觉适应后效，并且二者之间不存在显著差异，说明直视注视方向的抽取不受注意资源的影响。比较实验 1 与实验 2 的结果可以发现，注意资源对偏离注视知觉的调节作用大于对直视知觉的作用。尽管直视与偏离注视在人脑中存在相似的注视方向表征(向左、直视或向右) (Calder et al., 2008)，但由于它们受到注意资源的影响不同，因而可能存在不同的加工机制(Senju & Johnson, 2009)。

在高知觉负载条件下，直视能够被抽取出方向，而偏离注视受到注意资源的影响而很难抽取出方向。这说明，直视较偏离注视存在加工优势，不论注意资源的多寡，其注视方向都能得到抽取。这跟以往发现直视与偏离注视加工机制存在不同的研究是一致的。研究发现，直视加工具有自动化的特点：直视能捕获注意，能被更快速地检测到(胡中华等, 2012, 2013; Von Grünau & Anston, 1995)，直视知觉不需要集中注意的参与(Yokoyama et al., 2014)，直视比偏离注视更容易在无意识条件下得到知觉(Rothkirch et al., 2015; Stein et al., 2011; Yokoyama et al., 2013)，直视依赖皮层下杏仁核等神经组织得到加工(Burra et al., 2013;

Spezio et al., 2007)。这些证据说明，直视存在一定的加工优势，大脑中存在一个皮层下的快速通道加工直视线索(Johnson, Senju, & Tomalski, 2015; Senju & Johnson, 2009)。可以推测，直视能在注意资源紧张的情况下得到知觉，得益于它独特的认知加工特点：直视容易捕获注意；直视对注意资源的需求较少。这两个加工特点可能分别作用于直视知觉的不同加工阶段，对注意的捕获优势使得直视能被快速检测到，对注意资源需求低使得它能够被更容易地知觉出具体的方向。当然，这种推测还需进一步的研究加以检验。

本研究发现，偏离注视的方向很难在高负载条件下得到知觉编码，其知觉受到注意资源的影响。然而，Xu, Zhang 和 Geng (2011)发现，在高负载条件下偏离注视能引起被试的注意转移，产生注视线索效应(gaze cueing effect, GCE)，并且与低负载条件不存在显著差异，即注视线索效应不受知觉负载的调节(Xu et al., 2011)。这两个研究的结论不一致，究其原因，可能是实验范式不同导致的。两个研究的实验范式在知觉负载任务、刺激呈现方式、测量注视线索加工的指标上都不一样。

Xu 等(2011)采用注视线索范式，该范式探讨偏离注视能否引发注意转移，从而证明其得到知觉加工。本研究采用的是注视知觉适应范式，考察适应注视线索是否影响探测注视线索的方向辨别，从而证明适应注视线索的方向得到了抽取。虽然注视线索效应和注视适应效应都能说明偏离注视得到了加工，但它们涉及的注视知觉加工的心理过程不同。研究表明，这两个效应存在不同的加工机制，在儿童发展、知觉表征、神经基础等方面表现出不同的特点(Doherty, McIntyre, & Langton, 2015; Insch, Slessor, Warrington, & Phillips, 2017; Jenkins et al., 2006; Nummenmaa & Hietanen, 2009; Shepherd, 2010)。Doherty (2006)认为，存在两个加工注视线索的认知系统：一个是基于巩膜和虹膜明度对比信息加工的注视追随系统，其信息加工迅速；另一个是基于巩膜和虹膜几何形状的注视知觉系统，其信息加工复杂、精细。事实上，注视线索效应比注视适应效应的加工更加自动化，注视适应效应则涉及更加精细复杂的知觉系统(Doherty et al., 2015; Shepherd, 2010)。比如，阈下的偏离注视能够引发注视线索效应(陈艾睿，董波，方颖，于长宇，张明，2014；张美晨，魏萍，张钦，2015；Sato, Kochiyama, Uono, & Toichi, 2016; Sato, Okada, & Toichi, 2007；但见 Al-Janabi & Finkbeiner, 2014)，而偏离注视在无意识条件下不能产生注视适应效应(Stein et al., 2012)。Xu 等(2011)的研究采用注视线索范式，发现注视线索效应不受知觉负载影响，而我们采用注视适应范式，发现注视适应后效受到知觉负载影响。由于注视线索效应与注视适应后效涉及的心理过程不同，这两个结果并不矛盾，它可能反映了在注意资源紧张条件下，注视线索效应与注视知觉适应的加工机制不同。

既然注意资源对直视与偏离注视的调节作用存在差异，那么这种调节发生在注视知觉过程的哪一阶段呢？以往研究者认为，注视线索经过特征分析和方向抽取两个阶段而形成注视方向的表征(Bayliss et al., 2011; Calder et al., 2008; Shepherd, 2010; Teufel et al., 2010)。而本研究发现注意资源对直视与偏离注视适应后效(反映注视方向的编码或抽取阶段)的调节作用存在不同。研究表明，注视适应后效是一种高级的知觉适应过程，它是对注视线索的方向进行的选择性适应，不是对其特征信息(明度对比、几何形状)的适应，也就是说特征信息的适应不足以产生注视适应后效(Calder et al., 2008; Jenkins et al., 2006; Stein et al., 2012)，因而注视适应后效反映了注视线索特异性的知觉编码过程(Bayliss et al., 2011; Duchaine, Jenkins, Germine, & Calder, 2009)。可以推测，注意资源对注视知觉的影响可能发生在注视方向抽取阶段。

需要注意的是，本研究采用知觉负载水平的高低来操纵注意资源的分配，知觉负载只是引起了知觉水平上的差异，还是也引起了其它认知加工过程(如任务难度、决策与反应阶段等)的差异呢？由于高知觉负载水平会增加任务的难度，并导致反应时的延长和正确率的降低。那么，知觉负载带来的实验效应是不是由于任务难度的增加(而非注意资源的分配)引起的呢？在不增加知觉负载水平的条件下，研究者们通过降低任务刺激的呈现质量(如降低对比度、缩短呈现时间、施加掩蔽刺激等)来增加任务的难度(Lavie & de Fockert, 2003; Yeshurun & Marciano, 2013)。然而，单纯地增加任务难度而不增加知觉负载水平，并不能减少干扰效应。相反地，增加当前任务的知觉负载水平，使其对注意资源的需求与消耗增加，则能导致干扰效应减少甚至消失。也就是说，增加任务难度与提高知觉负载水平对干扰刺激加工的影响是不同的。因此，高知觉负载条件下干扰效应的减少不能归结为任务难度的增加，而应归结为任务加工负荷的增加(即注意资源消耗过多)。只有当增加任务的加工负载、并消耗更多的注意资源时，与任务无关的干扰刺激的干扰效应才会减少。可见，任务难度并不能解释知觉负载所引起的实验效应(Murphy et al., 2016)。

另外，目前没有证据表明知觉负载任务会影响决策和反应阶段(Cave & Chen, 2016)。脑电研究表明，增加知觉负载水平能够增强目标刺激的加工(N1 波幅的增加，潜伏期约为180~220 ms)，并减弱对干扰刺激的加工(N1 波幅的减小) (Rorden, Guerrini, Swainson, Lazzeri, & Baylis, 2008)。由于视觉 N1 成分是知觉辨别加工的指标，因此知觉负载影响的是早期的知觉信息加工阶段(Murphy et al., 2016; Rorden et al., 2008)。综上所述，本研究中知觉负载引起的实验效应是由注意资源的分配所引起的(罗禹等, 2017; Lavie & de Fockert, 2003; Murphy et al., 2016; Yeshurun & Marciano, 2013)。

Teufel 等(2010)的“社会知觉与心理理论交互模型”、Shepherd (2010)的注视追随“双通路模型”以及 Calder 等人(2008)的“多通道模型”在解释注视知觉时忽略了直视与偏离注视在加工机制上的不同，而 Senju 和 Johnson (2009)的“快通道调制器模型”虽强调直视与偏离注视的不同，却没有探讨其特异性的知觉编码方式。本研究通过考察注意资源对直视与偏离注视知觉产生不同的影响，能揭示出直视与偏离注视具有不同的加工机制。而且，采用注视适应效应对注视知觉进行测量，能明确地反映注视线索加工的认知阶段，也能用于推测注视方向编码的神经表征机制。因此，本研究既能有效地揭示出直视与偏离注视加工机制上的不同，又能揭示注视线索特有的知觉编码机制(Bayliss et al., 2011)。这样的研究结果能够促进不同注视知觉模型的整合。

同时，本研究采用最常用的知觉负载任务操纵注意资源，考察注意资源对不同注视线索知觉的调节作用，避免了将注意资源与空间注意混到一起操纵。另外，本研究的结果是在短时程−适应范式中获得的，仅需 200 ms 的适应时间就能诱导出显著的注视适应后效，这具有一定的方法学意义。减少适应时长便于研究者设计更简洁的实验，缩短实验时间。并且，结合了知觉负载任务与知觉适应效应的范式具有广泛的用途，可用于探讨面孔身份、面孔表情和面孔朝向等其它社会线索的加工机制。

5 结论

本研究探讨了知觉负载(高、低知觉负载)对不同注视线索(偏离注视与直视)适应后效的影响，获得以下结论：偏离注视的知觉受到注意资源紧张程度的调节，而直视的知觉不受注意资源的调节，注意资源对二者知觉编码的调节存在不同。尽管直视与偏离注视在人脑中存在相似的注视方向表征(向左、直视或向右)，但由于受注意资源的影响不同，推测它们可能存在不同的加工机制。

致谢：感谢审稿专家对本文提出的宝贵意见。

参 考 文 献

Al-Janabi, S., & Finkbeiner, M. (2014). Responding to the direction of the eyes: In search of the masked gaze-cueing effect. *Attention, Perception, and Psychophysics, 76*, 148–161.

Bayliss, A. P., Bartlett, J., Naughtin, C. K., & Kritikos, A. (2011). A direct link between gaze perception and social

attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 37*(3), 634–644.

Burra, N., Hervais-Adelman, A., Kerzel, D., Tamietto, M., de Gelder, B., & Pegna, A. J. (2013). Amygdala activation for eye contact despite complete cortical blindness. *Journal of Neuroscience, 33*(25), 10483–10489.

Burton, A. M., Bindemann, M., Langton, S. R. H., Schweinberger, S. R., & Jenkins, R. (2009). Gaze perception requires focused attention: Evidence from an interference task. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 35*(1), 108–118.

Calder, A. J., Jenkins, R., Cassel, A., & Clifford, C. W. G. (2008).Visual representation of eye gaze is coded by a nonopponent multichannel system. *Journal of Experimental Psychology: General, 137*(2), 244–261.

Cave, K. R., & Chen, Z. (2016). Identifying visual targets amongst interfering distractors: Sorting out the roles of perceptual load, dilution, and attentional zoom. *Attention, Perception, & Psychophysics, 78*(7), 1822–1838.

Chen, A. R., Dong, B., Fang, Y., Yu, C. Y., & Zhang, M. (2014). The role of cue type in the subliminal gaze-cueing effect. *Acta Psychologica Sinica, 46*, 1281−1288.

[陈艾睿，董波，方颖，于长宇，张明. (2014). 线索类型对阈下注视线索效应的影响. *心理学报*, *46*, 1281−1288.]

Chen, Y. C., & Yeh, S. L. (2012). Look into my eyes and I will see you: Unconscious processing of human gaze. *Consciousness and Cognition, 21*(4), 1703–1710.

Doherty, M. J. (2006). The development of mentalistic gaze understanding. *Infant and Child Development, 15*, 179–186.

Doherty, M. J., McIntyre, A. H., & Langton, S. R. H. (2015). Developmentally distinct gaze processing systems: Luminance versus geometric cues. *Cognition, 137*, 72–80.

Duchaine, B., Jenkins, R., Germine, L., & Calder, A. J. (2009). Normal gaze discrimination and adaptation in seven prosopagnosics. *Neuropsychologia, 47*(10), 2029–2036.

Fang, F., Murray, S. O., & He, S. (2007). Duration-dependent fMRI adaptation and distributed viewer-centered face representation in human visual cortex. *Cerebral Cortex, 17*(6), 1402–1411.

Frischen, A., Bayliss, A. P., & Tipper, S. P. (2007). Gaze cueing of attention: Visual attention, social cognition, and individual differences. *Psychological Bulletin, 133*, 694–724.

Hu, Z. H., Liu, Q., Zhao, G., & Li, H. (2013). The measurement of detection superiority of direct gaze affected by stimuli component information. *Acta Psychologica Sinica, 45*, 1217−1227.

[胡中华，刘强，赵光，李红. (2013). 刺激特征信息影响直视探测优势测量. *心理学报*, *45*, 1217−1227.]

Hu, Z. H., Zhao, G., Liu, Q., & Li, H. (2012). The detection superiority of perceived direct gaze in visual search

task: Evidence from eye movements. *Acta Psychologica Sinica, 44*(4), 435−445.

[胡中华, 赵光, 刘强, 李红. (2012). 视觉搜索任务中直视探测优势的眼动研究. *心理学报, 44*(4), 435−445.]

Insch, P. M., Slessor, G., Warrington, J., & Phillips, L. H. (2017). Gaze detection and gaze cuing in Alzheimer's disease. *Brain and Cognition, 116*, 47–53.

Jenkins, R., Beaver, J. D., & Calder, A. J. (2006). I thought you were looking at me: Direction-specific aftereffects in gaze perception. *Psychological Science, 17*, 506–513.

Jenkins, R., Lavie, N., & Driver, J. (2005). Recognition memory for distractor faces depends on attentional load at exposure. *Psychonomic Bulletin and Review, 12*, 314–320.

Johnson, M. H., Senju, A., & Tomalski, P. (2015). The two-process theory of face processing: Modifications based on two decades of data from infants and adults. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 50*, 169–179.

Kloth, N., & Rhodes, G. (2016). Gaze direction aftereffects are surprisingly long-lasting. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 42*(9), 1311–1319.

Kloth, N., Rhodes, G., & Schweinberger, S. R. (2015). Absence of sex-contingent gaze direction aftereffects suggests a limit to contingencies in face aftereffects. *Frontiers in Psychology, 6*, 1829.

Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in Cognitive Sciences, 9*(2), 75–82.

Lavie, N., & de Fockert, J. W. (2003). Contrasting effects of sensory limits and capacity limits in visual selective attention. *Perception & Psychophysics, 65*, 202–212.

Luo, Y., Feng, L. H., Ren, M., Gu, Q. Y., Zhao, S. Y., & Zhang, Y. (2017). The effect of perceptual load on processing and memorizing negative facial distractor. *Acta Psychologica Sinica, 49*(10), 1256–1266.

[罗禹, 丰丽红, 任敏, 顾秋瑀, 赵守盈, 张禹. (2017). 知觉负载对负性分心面孔的知觉加工和记忆的影响. *心理学报, 49*(10), 1256–1266.]

Materna, S., Dicke, P. W., & Their, P. (2008). Dissociable roles of the superior temporal sulcus and the intraparietal sulcus in joint attention: A functional magnetic resonance imaging study. *Journal of Cognitive Neuroscience, 20*(1), 108–119.

Murphy, G., Groeger, J. A., & Greene, C. M. (2016). Twenty years of load theory—Where are we now, and where should we go next?. *Psychonomic Bulletin & Review, 23*(5), 1316–1340.

Neumann, M. F., & Schweinberger, S. R. (2008). N250r and N400 ERP correlates of immediate famous face repetition are independent of perceptual load. *Brain Research, 1239*, 181–190.

Nummenmaa, L., & Hietanen, J. K. (2009). How attentional systems process conflicting cues: The superiority of

social over symbolic orienting revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 35*, 1738–1754.

Ricciardelli, P., & Turatto, M. (2011). Is attention necessary for perceiving gaze direction? It depends on how you look at it: Evidence from the locus-of-slack method. *Visual Cognition, 19*, 154–170.

Rorden, C., Guerrini, C., Swainson, R., Lazzeri, M., & Baylis, G. C. (2008). Event related potentials reveal that increasing perceptual load leads to increased responses for target stimuli and decreased responses for irrelevant stimuli. *Frontiers in Human Neuroscience, 2*, 4.

Rothkirch, M., Madipakkam, A. R., Rehn, E., & Sterzer, P. (2015). Making eye contact without awareness. *Cognition, 143*, 108–114.

Sato, W., Kochiyama, T., Uono, S., & Toichi, M. (2016). Neural mechanisms underlying conscious and unconscious attentional shifts triggered by eye gaze. *NeuroImage, 124*, 118–126.

Sato, W., Okada, T., & Toichi, M. (2007). Attentional shift by gaze is triggered without awareness. *Experimental Brain Research, 183*, 87–94.

Senju, A., & Johnson, M. H. (2009). The eye contact effect: Mechanisms and development. *Trends in Cognitive Sciences, 13*, 127–134.

Shepherd, S. V. (2010). Following gaze: Gaze-following behavior as a window into social cognition. *Frontiers in Integrative Neuroscience, 4*, 5.

Spezio, M. L., Huang, P. Y., Castelli, F., & Adolphs, R. (2007). Amygdala damage impairs eye contact during conversations with real people. *Journal of Neuroscience, 27*(15), 3994–3997.

Stein, T., Peelen, M. V., & Sterzer, P. (2012). Eye gaze adaptation under interocular suppression. *Journal of Vision, 12*, 1–17.

Stein, T., Senju, A., Peelen, M. V., & Sterzer, P. (2011). Eye contact facilitates awareness of faces during interocular suppression. *Cognition, 119*, 307–311.

Teufel, C., Fletcher, P. C., & Davis, G. (2010). Seeing other minds: Attributed mental states influence perception. *Trends in Cognitive Sciences, 14*(8), 376–382.

Von Grünau, M., & Anston, C. (1995). The detection of gaze direction: A stare-in-the-crown effect. *Perception, 24*, 1297–1313.

Xu, S., Zhang, S., & Geng, H. Y. (2011). Gaze-induced joint attention persists under high perceptual load and does not depend on awareness. *Vision Research, 51*(18), 2048–2056.

Yeshurun, Y., & Marciano, H. (2013). Degraded stimulus visibility and the effects of perceptual load on distractor

interference. *Frontiers in Psychology, 4*, 289.

Yokoyama, T., Noguchi, Y., & Kita, S. (2013). Unconscious processing of direct gaze: Evidence from an ERP study. *Neuropsychologia, 51*(7), 1161–1168.

Yokoyama, T., Sakai, H., Noguchi, Y., & Kita, S. (2014). Perception of direct gaze does not require focus of attention. *Scientific Reports, 4*, 3858.

Zhang, M. C., Wei, P., & Zhang, Q. (2015). The impact of supra- and sub-liminal facial expressions on the gaze-cueing effect. *Acta Psychologica Sinica*, *47*(11), 1309–1317.

[张美晨，魏萍，张钦. (2015). 阈上阈下不同面孔表情下的注视线索提示效应. *心理学报*, *47*(11), 1309–1317.]

The influence of perceptual load on gaze perceptual adaptation aftereffect

ZHAO Yajun[1]; ZHANG Zhijun[2]; LIU Zhifang[3]; LIU Wei[4]; YAN Linlin[5]; TANG Yi[6]

([1] *School of Sociology and Psychology, Southwest Minzu University, Chengdu* 610041, *China*)

([2] *Department of Psychology and Behavioral Sciences, Zhejiang University, Hangzhou* 310028, *China*)

([3] *Department of Psychology, Hangzhou Normal University, Hangzhou* 310036, *China*)

([4] *School of Education, Yunnan Minzu University, Kunming* 650504, *China*)

([5] *Department of Psychology, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou* 310018, *China*)

([6] *Party School of the Chongqing municipal Party committee, Chongqing* 400041, *China*)

Abstract

During social communication, eyes gaze indicates the focus of people's attention. There are two types of gaze cue: direct gaze (straight) and averted gaze (left or right), which have different social functions. Previous researchers assume that gaze perception involves two different processing stages. The first stage refers to earlier visual feature analysis of eyes such as luminance contrast and geometry of white sclera and iris. The second stage involves the perceptual integration of eyes' features and the extraction of gaze direction. However, this assumption ignores the differences in processing mechanism between direct gaze and averted gaze. Other researchers hypothesize that perception of direct gaze is mediated by a fast-track pathway via

subcortical face processing route. Direct gaze perception has characteristics of automatic process, such as capturing attention and being processed unconsciously. Its automaticity shows that direct gaze has a processing advantage over averted gaze. We inferred that direct gaze perception was independent of attentional resources, while averted gaze perception required more attentional resources. The present study aimed at investigating how attentional resources affect perception of averted and direct gaze.

We combined Lavie's perceptual load task and a short-term gaze adaptation paradigm to investigate how attentional resources influence the gaze adaptation aftereffect of direct gaze and averted gaze. Participants attended to a letter string superimposed on gaze adaptor (200ms), and identified the target letter (X or N) embedded in the letter string of either 6 identical letters (low load) or 6 different letters (high load). Subsequently, a gaze probe was presented for 200ms. Participants had to make judgements concerning the direction of probe (i.e. leftward, straight, or rightward). Sixteen naïve participants (8 females) were tested in Experiment 1, which measured the modulation of averted gaze adaptation effect by perceptual loads. And twenty-two naïve observers (11 females) participated in Experiment 2, which explored the effects of perceptual loads on direct gaze adaptation effect.

The results of Experiment 1 revealed that a significant aftereffect of averted gaze directed toward the adapted side in the low load condition. However, such gaze adaptation effect was eliminated under high load condition. Crucially, the gaze adaptation effect in low load condition was significantly greater than that in high load condition. It was suggested that the extraction of averted gaze direction (leftward or rightward) was modulated by attentional resources (perceptual load). When a demanding competing task has exhausted all available processing capacity, the direction of averted gaze could not be extracted. While the load was low, "spill over" capacity was available to the processing of task-irrelevant gaze direction. Results of Experiment 2 showed a significant direct gaze adaptation effect both under low and high load conditions, which were not significantly different from each other. These results indicated that the perceptual adaptation of direct gaze was not influenced by attentional resources. Although limited processing capacity was fully consumed by a high load task, direct gaze could be processed as well. Compared with averted gaze, processing of direct gaze required fewer attentional resources. Therefore, requirements to attentional resources were different between processing of averted and direct

gaze.

In conclusion, the current study demonstrates that the processing of averted gaze direction is not mandatory automatic and it requires some degree of attentional resources. But gaze perception does not require attentional resources for direct gaze. Our findings indicated that processing of averted and direct gaze may be mediated by different underlying mechanisms, although distinct gaze directions are coded by a similar multichannel system with separate channels coding left, direct, and right gaze. Our results replicate and extend recent findings of different processing mechanisms between averted and direct gaze. Moreover, it may promote integration between different gaze perception models, such as multichannel system and fast-track modulator model.

Keywords direct gaze; averted gaze; gaze perception; gaze perceptual adaptation aftereffect; perceptual load